

# 基于 Agent 的无线传感网 QoS 管理机制研究

陈 晶

(聊城大学 计算机学院, 山东 聊城 252059)

**摘 要:**服务质量好坏是衡量无线传感器网络性能的重要因素。结合传感器网络的特点,提出了一种基于智能 Agent 的 QoS 管理机制,对其组成形式和工作过程进行了研究,提出利用智能 Agent 实现服务质量管理和协商。与传统机制相比,它可以有效地减少网络中的通信流量,更好地保证应用的完成并延长网络生命期。

**关键词:**无线传感器网络;服务质量;管理机制;Agent

**中图分类号:**TN92;TP393

**文献标识码:**A

**文章编号:**1673-629X(2008)11-0230-03

## QoS Management Mechanism by Agent in Wireless Sensor Networks

CHEN Jing

(School of Computer Science, Liaocheng University, Liaocheng 252059, China)

**Abstract:** Quality of service is an important factor of measuring the performance of wireless sensor networks. Combining the characteristics of sensor networks, brings forward an intelligent agents based QoS management mechanism, in which the infrastructure and the working procedure is studied first, then the rules of how to use agents to achieve QoS management and consultation is introduced precisely. Different from traditional mechanisms, it could reduce the network communication flow effectively, while the completion of the network application is guaranteed better and the lifetime of network is prolonged either.

**Key words:** wireless sensor networks; QoS; management framework; agent

### 0 引 言

无线传感器网络(wireless sensor network, WSN)集数据采集、处理及通信功能于一体,需要部署在监测区域内的大量低能源、低功耗的传感器节点协同工作。传感节点通常工作在恶劣或者危险的环境中,其计算及存储能力非常有限,能源耗尽后无法补充,因此能否根据用户要求提供准确和持续可靠的服务成为评价传感器网络性能的重要参考指标。

随着传感器网络理论和技术的不断成熟,其应用领域在不断扩大,这也导致了用户对服务质量要求的多样化。由于无线传感器网络在工作方式、数据传输模型等方面与传统网络差异较大,使得已有的研究成果无法移植过来直接应用<sup>[1]</sup>。目前对无线传感器网络服务质量(QoS)的研究较少,已有的研究主要集中在某些特殊的场景上或在某个功能层面上实现 QoS 管理,如 SPEED<sup>[2]</sup>、SAR<sup>[3]</sup>等路由协议均提供对 QoS 的

支持,但它们实现较为复杂,并且沿用了传统网络“端到端”的数据传输模型,不适合传感器网络“非端到端”的传输特点;其它的一些研究成果<sup>[4,5]</sup>中对 QoS 的考虑都有局限性,如将 QoS 定义为检测区域内传感器节点的最佳数量、覆盖率等,指标的使用较为单一。

基于上述原因,为更好地满足传感器网络应用对 QoS 的需求,设计了一种基于智能 Agent 技术的 QoS 管理机制,不仅实现了 QoS 协商和资源的管理,而且有效地节约了节点能源,延长了网络的生命周期。

### 1 传感器网络的服务需求

简单来讲,无线传感器网络的 QoS 是指用户与传感器网络之间关于信息传输的质量约定。无线传感器网络的 QoS 需求包括两方面的内容:用户需求和网络服务提供者的行为。用户需求是指用户对传感器网络提供的服务类型、相应的传输性能和质的要求。一般情况下,用户不仅要求传感器网络完成对目标的定位和跟踪、对目标对象的分类和识别或目标的属性值测定等监测任务,而且还要求网络提供合理的响应时间、恰当的检测精度等。另一方面,传感器网络作为网络服务的提供者,应充分利用网络资源来传输具有

收稿日期:2008-02-26

基金项目:山东省自然科学基金资助项目(2004ZX14);聊城大学自然科学基金项目(X051033)

作者简介:陈 晶(1975-),女,山东临清人,硕士,讲师,研究方向为无线传感器网络 and 智能计算。

QoS 要求的数据流。无线传感器网络有三种数据传输模型:事件驱动型(event-driven)、查询驱动型(query-driven)、连续型(Continuous),不同的数据传输模型对网络提供的 QoS 存在着一定的差异。例如事件驱动型的数据流具有高度相关性、冗余度大和突发性等特点,要求网络在高负载时能够迅速而准确地进行数据融合;查询驱动型的数据流则要求底层网络能够迅速可靠地传输查询请求。

考虑到无线传感器网络具有资源严重受限、流量不均、数据冗余量大、传感节点自身的异构性等特点,文中提出无线传感器网络 QoS 管理的设计目标应当包括:

- (1)低能耗:QoS 管理必须做到尽量简单,降低能耗;
- (2)高容错:在部分节点失效,导致拓扑结构发生变化时 QoS 管理机制仍能够正常工作;
- (3)负载均衡:不能让单个传感器节点或基站承担过重的 QoS 管理任务,避免缩短网络生命周期;
- (4)可扩展性:在网络规模和服务类型变化时 QoS 管理仍然能够正常工作。

## 2 基于 Agent 的 QoS 管理机制设计

一个支持 QoS 保证的网络系统应当建立相应的 QoS 框架,以实现 QoS 体系的统一管理。近年来,Agent 技术被用于实现网络管理和 QoS 管理<sup>[6]</sup>,它具有代理、自治性、协同性、交互性、移动性等多种特性,特别是对平台无关性的支持非常适合于运行在传感器网络中<sup>[7]</sup>。基于上述分析,文中提出了基于 Agent 技术的无线传感器 QoS 管理机制,其结构如图 1 所示。

(1)QoS 管理模块位于用户端,负责接收用户提交的 QoS 请求,经过服务质量映射适配层的解析生成相应的系统参数并将其发送到传感器网络中,必要时根据移动 Agent 携带的 QoS 协商请求完成 QoS 的再协商过程。

(2)QoS 映射适配层。作为向用户提供服务好坏程度的一种度量,QoS 被具体量化为各种性能参数。为了建立良好的 QoS 映射机制,首先需要对传感器网络的 QoS 参数及其相互关系进行细致而深入的分析,定义 QoS 参数及其含义、度量单位和表示方法,明确其相互关系,最终使得它们在网络中不同层面间进行统一的转换。在本框架中,QoS 适配层的作用是实现传感器网络的两个层面,即应用层和网络层之间实现参数映射。

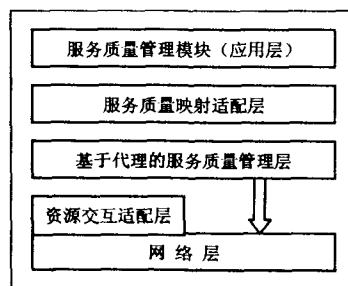


图 1 基于 Agent 的 QoS 管理机制

应用层参数一般由用户指定,是网络应用要求网络提供的服务类型和质量,具体体现为系统响应时间、数据更新时间、节点密度、检测结果的精确度和事件检测成功率等。一般情况下,用户对系统的 QoS 要求表示为若干参数值对的集合,参数值对用来表示用户对参数变化的许可范围,如响应时间: $\langle 2s, 5s \rangle$ 。

传感器网络包含数量众多的传感节点,因此不仅要考虑网络拓扑、节点密度等与网络整体性能有关的指标,还应考虑传感器节点的处理能力、存储能力、剩余生存时间、测量精度等与单个节点有关的性能指标。网络层参数具体体现为路径时延、包丢失率、能量效率(沿一条路径传输一个数据包所消耗的能量)和路由维护等。

层面间的参数的映射往往是多对多的映射。QoS 映射机制负责将用户给定的 QoS 参数映射到网络层面。

(3)基于 Agent 的 QoS 管理层。基于 Agent 的 QoS 管理层部署在网络中的每个传感器节点,是整个框架的核心部分,如图 2 所示。它通过 Agent 的协同工作完成对应用和网络反馈信息的分析与判断,从而实现 QoS 的本地协商和节点资源的管理。它包括各种 Agent、Agent 管理模块和 Agent 运行环境等,通过 Agent 的交互完成资源的预约和协商等功能。

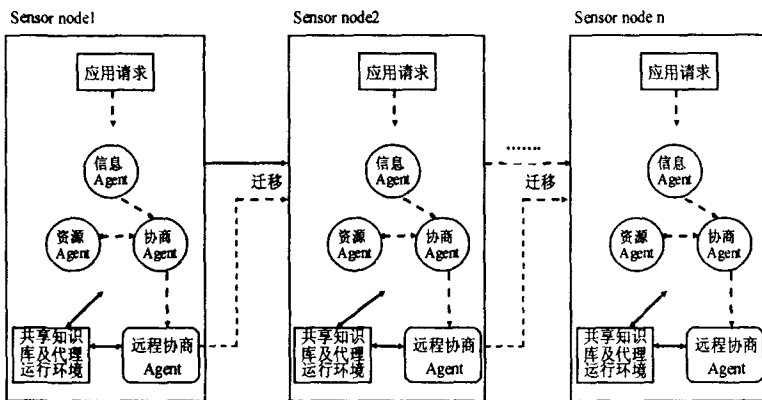


图 2 基于 Agent 的 QoS 协商与管理

节点中的 Agent 分为信息 Agent、资源管理 Agent、本地协商 Agent 三类。

\* 信息 Agent: 负责搜集节点的状态信息, 适时地捕捉网络状况的变化, 并在节点生存期间监视 QoS 参数, 如包转发率、传输延时和抖动、节点剩余存活时间、节点发送单位比特能耗、节点的数据流量和数据包发送延迟等信息。

\* 资源管理 Agent: 负责节点的资源管理工作, 包括资源的预约、监视和评估等。

\* 本地协商 Agent: 当节点资源不能向用户提供满意的 QoS 需求时, 在用户许可的范围内通过与资源管理 Agent 协商来适当降低 QoS。

当信息 Agent 监听到网络状态变化(如拓扑变化, 目标移动等)时, 将变化的 QoS 指标与用户事先约定的 QoS 参数进行比较, 如果超出约定范围, 通过本地协商 Agent 与资源管理 Agent 的交互完成 QoS 的再次协商过程, 最后将派遣远程协商 Agent 实现节点之间的 QoS 协商。

汇聚节点(Sink node)和传感节点都加载 Agent 的运行环境, Agent 通信语言采用通用的 KQML(Knowledge Query and Manipulation Language)语言。如 QoS 参数协商请求原语描述如下:

Ask if

:sender AgentA

:receiver Agent

:content(package forward rate

(100,150):transport delay (0.2ms,0.5ms))

:Language KIF

:ontology QoS

:reply - with ql

(4) 远程协商 Agent。远程协商 Agent 是一类移动 Agent, 移动 Agent 的本质是计算移动到数据端, 直接在数据端进行本地处理, 只返回最终结果, 从而避免大量数据在网络中的传输, 可以很好地满足无线传感器网络的节能要求。最近有大量研究将移动 Agent 用于传感器网络的数据融合, 文中利用移动 Agent 的移动特性实现在传感节点之间的迁移, 移动 Agent 由汇聚节点进行初始化并派遣到传感器节点, 在迁移期间负责从每个节点 Agent 搜集节点 QoS 信息, 当节点服务质量降级时, 将携带协商信息迁移到下一节点, 以实现节点之间的 QoS 协商, 形成全网统一的 QoS 管理体系, 并最终将当前的 QoS 参数和等级送回观测节点, 如图 3 所示。

### 3 基于 Agent 的 QoS 协商算法

QoS 协商是指对资源的需求进行协商。当用户对资源的需求超过可用资源量时, 在用户同意降低 QoS

水平时通过协商加以解决, 直至用户满意为止。算法描述如下:

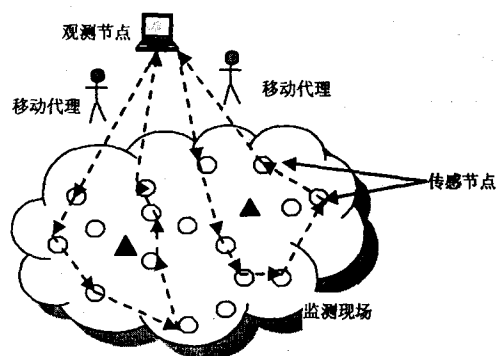


图 3 基于 Agent 的 QoS 管理示意图

步骤 1 初始化: 用户端的 QoS 管理中心接收用户的 QoS 请求后, 通过 QoS 映射机制把用户提供的 QoS 指标映射为系统 QoS 参数, 其实质是确定用户对应用质量要求的上限和下限。之后新建或选择一个移动 Agent, 将 QoS 参数发送到传感器节点。

步骤 2 本地协商 Agent 将接收到的 QoS 需求发送给资源管理 Agent。

步骤 3 资源管理 Agent 在接收到资源预约请求后, 根据节点的能耗情况和网络流量完成资源预约。

if 需求与预约结果接近

then 预约成功, 按照用户要求的服务质量提供相应的服务

else if 需求与预约结果差距很大 then flag = failed

else 按照规则在降低服务等级后完成资源预约过程//需求与预约结果相差较小, 降级服务

步骤 4 本地协商 Agent 接收到预约结果, 将其返回给用户。

步骤 5 信息 Agent 执行状态采集任务, 将采集的动态 QoS 指标与初始 QoS 参数进行比较, 若发现网络状态变化时不能继续按照预约结果提供服务, 则通知本地协商 Agent 进行 QoS 的再次协商。

步骤 6 根据路由信息将远程协商 Agent 送往下一节点, 实现节点之间的 QoS 协商, 转第 2 步执行。

QoS 协商过程向用户屏蔽一切实现细节, 通过 Agent 的协作完成 QoS 的预约、协商与再协商, 大部分操作均在传感器节点本地完成, 通过移动 Agent 的迁移极大地减少网络中的数据流量, 有效地延长了网络的生命周期。

### 4 结束语

提出了一种新的无线传感器网络 QoS 管理机制, 利用智能 Agent 自治性、协同性和移动性的特点实现

(下转第 236 页)

整星期和时间段;如果在调课时涉及到教室的内容应先到“教室课表查询”菜单中查看该教室是否有空闲时间;在调整后一定要点击“保存调整结果”按钮,否则调课结果将不能保存到数据库中。

### 3 结束语

本系统是针对成人教育教学的特点而开发设计的,实现了手动排课、自动排课、调课、课表查询统计等功能模块的设计。通过在河南科技大学继续教育学院教学管理过程中的测试与运行,结果表明系统能满足成教教学工作实际需求且编码简单,并为类似的问题提供了一种可行的解决方案。系统的实施对合理利用成人教育有限的教学资源,保障正常的教学秩序和提高教学管理水平发挥了重要作用。

(上接第 229 页)

### 5 结束语

文中重点介绍了 AJAX 技术、OWC 组件的概念和特点,AJAX 协同 OWC 组件技术在农业政务中的应用表明,AJAX 是一种优秀的浏览器显示技术,AJAX 和 .NET 平台的结合,减少了用户交互过程中的等待时间,弥补 ASP.NET 在客户端显示上的不足,消除了冗余代码,优化了系统的结构设计,避免计算资源的浪费,提高了系统的资源利用率和响应速度。而 OWC 组件技术以用户熟知的界面和较好的性价比,有效节约系统的开发费用。使系统还具有对综合统计、分析预测结果以多种形式的无刷新页面图形化显示功能,有效辅助领导决策。

(上接第 232 页)

了传感器节点的本地信息采集和 QoS 预约、协商与再协商,在保证应用的 QoS 要求的同时有效地延长了网络生命周期。

#### 参考文献:

- [1] Iyer R, Kleinrock L. Qos Control for Sensor Networks[C]//Proceedings of the IEEE International Conference on Communications. Anchorage, AK: [s. n.], 2003: 11 - 15.
- [2] Tian H, Stankovic J, Lu C Y, et al. SPEED: a stateless protocol for realtime communication in sensor networks[C]//Proceedings of the International Conference on Distributed Computing Systems. Los Alamitos, USA: [s. n.], 2003: 46 - 55.
- [3] Sohrabi K, Gao J, Ailawadhi V, et al. Protocols for Self - Organization of a Wireless Sensor Network[J]. IEEE Personal

#### 参考文献:

- [1] 苏睿先,米金刚. 高校自动排课系统的设计与实现[J]. 中国环境管理干部学院学报, 2005(12): 104 - 106.
- [2] 李建喜,舒远仲,陈文生. 多校区排课遗传算法设计[J]. 南昌航空工业学院学报:自然科学版, 2006(12): 61 - 63.
- [3] 王小平,曹立明. 遗传算法——理论、应用与软件实现[M]. 西安:西安交通大学出版社, 2002.
- [4] 唐勇,唐雪飞,王玲. 基于遗传算法的排课系统[J]. 计算机应用, 2002(10): 93 - 95.
- [5] Grech A, Julie M A. Case - Based Reasoning Approach to Formulating University Timetables Using Genetic Algorithms[J]. Lecture Notes in Computer Science, 2005, 3681: 76 - 83.
- [6] Dimopoulou M, Miliotis P. Implementation of a university course and examination timetabling system[J]. European Journal of Operational Research, 2001, 130: 202 - 213.

#### 参考文献:

- [1] Holzner S. Ajax 宝典[M]. 陈秋萍译. 北京:人民邮电出版社, 2007.
- [2] 扎卡斯,姆克皮克,福西特. Ajax 高级程序设计[M]. 徐锋,吴兰陟译. 北京:人民邮电出版社, 2006.
- [3] 柯自聪. Ajax 开发精要——概念、案例与框架[M]. 北京:电子工业出版社, 2006.
- [4] Smacchia P. C# 和 .NET 实战:平台、语言与框架[M]. 施凡,李永伦,谭颖华,徐宁译. 北京:人民邮电出版社, 2007.
- [5] 邵鹏鸣. ASP.NET Web 应用程序设计及开发(C#版)[M]. 北京:清华大学出版社, 2007.
- [6] 王海. Ajax 在电子政务中的应用[J]. 中国科技信息, 2007, 18: 116 - 117.

Communications, 2000, 10: 16 - 27.

- [4] Akkaya K, Younis M. An energy aware QoS routing protocol for wireless sensor networks[C]//Proceedings of the IEEE Workshop on Mobile and Wireless Networks. Piscataway, USA: IEEE, 2003: 710 - 715.
- [5] Meguerdichian S, Farinaz K, Miodrag P, et al. Coverage Problems in Wireless Ad Hoc Sensor Networks[C]//Proceedings of IEEE Infocom Conference. Anchorage, Alaska: [s. n.], 2001: 1380 - 1387.
- [6] Manvi S S, Venkataram P. QoS Management by Mobile agents in Multimedia Communication[C]//Proceedings of 11th International Workshop on Database and Expert Systems Applications. Greenwich, UK: [s. n.], 2000: 407 - 411.
- [7] 王汝传,徐小龙,黄海平. 智能 Agent 及其在信息网络中的应用[M]. 北京:北京邮电大学出版社, 2006.